

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 2 5 日
Date of Application:

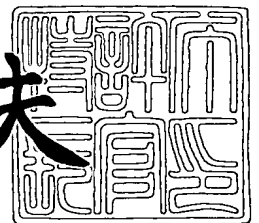
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 7 5 2 1 1
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 7 5 2 1 1]

出 願 人 信 越 半 導 体 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 6 0 4 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 AX0237052S

【提出日】 平成14年12月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会社
社 半導体磯部研究所内

【氏名】 萩本 和徳

【特許出願人】

【識別番号】 000190149

【氏名又は名称】 信越半導体株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095751

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅原 正倫

【電話番号】 052-212-1301

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003388

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9901665

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光層部を有した化合物半導体層の一方の主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の他方の主表面側に素子基板が結合されるとともに、該素子基板と前記化合物半導体層との間に、全体が A g を主成分に構成され、前記発光層部からの光を前記光取出面側に反射させる A g 系反射金属層を含む A g 系金属層を介在させたことを特徴とする発光素子。

【請求項 2】 前記発光層部はピーク発光波長が 350 nm 以上 670 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 3】 前記発光層部は、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ）又は $In_xGa_yAl_{1-x-y}N$ （ $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ， $x + y \leq 1$ ）により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成されていることを特徴とする請求項 2 記載の発光素子。

【請求項 4】 前記 A g 系反射金属層と前記化合物半導体層との間に、A g を主成分とする発光層部側 A g 系接合層が、前記 A g 系反射金属層の主表面上に分散する形で配置されてなることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 5】 前記発光層部側 A g 系接合層が A g Ge Ni 接合層であることを特徴とする請求項 4 記載の発光素子。

【請求項 6】 前記 A g 系反射金属層に対する前記発光層部側 A g 系接合層の形成面積率が 1 % 以上 25 % 以下であることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の発光素子。

【請求項 7】 前記 A g 系反射金属層は、前記発光層部側 A g 系接合層よりも A g 含有率が高く設定されてなることを特徴とする請求項 4 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 8】 前記 A g 系反射金属層の A g 含有率が 95 質量 % 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 9】 前記 A g 系反射金属層が純 A g よりなることを特徴とする請

求項 8 記載の発光素子。

【請求項 10】 前記 A g 系反射金属層が P d を含有した A g 合金よりなることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 11】 前記素子基板は導電性の半導体基板であり、前記素子基板と前記 A g 系反射金属層との間に A g を主成分とする基板側 A g 系接合層が形成されてなることを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 12】 前記素子基板が S i 基板であることを特徴とする請求項 11 記載の発光素子。

【請求項 13】 前記基板側 A g 系接合層が A g S b 接合層又は A g S n 接合層であることを特徴とする請求項 11 又は 12 記載の発光素子。

【請求項 14】 前記素子基板がシート抵抗 $0.01\Omega/\square$ 未満の S i 基板であることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 15】 請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 項に記載の発光素子の製造方法であって、

発光層部を有した化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面と、前記素子基板の、前記発光層部側に位置することが予定された主表面との少なくともいずれかに A g を主成分とした A g 系金属層を形成し、

該 A g 系金属層を介して前記素子基板と前記化合物半導体層との重ね合わせ体を作り、その状態で該重ね合わせ体を熱処理することにより、前記素子基板と前記化合物半導体層とを前記 A g 系金属層を介して結合することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 16】 発光層部を有した化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に A g を主成分とした第一 A g 系金属層を形成し、

前記素子基板の、前記発光層部側に位置することが予定された主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に A g を主成分とした第二 A g 系金属層を形成し、

それら第一 A g 系金属層と第二 A g 系金属層とを密着させて拡散熱処理するこ

とにより貼り合わせ、前記A g系反射金属層となすことを特徴とする請求項15記載の発光素子の製造方法。

【請求項17】 前記第一A g系金属層と第二A g系金属層とをいずれもA g含有率が95質量%以上のものとし、前記拡散熱処理を100℃以上にて行なうことを特徴とする請求項16記載の発光素子の製造方法。

【請求項18】 前記化合物半導体層を $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ）にて形成し、該化合物半導体層の前記貼り合わせ側主表面に前記A g G e N i 接合層を形成し、該A g G e N i 接合層を覆うように前記第一A g系金属層を形成し、かつ、前記A g G e N i 接合層と前記化合物半導体層との合金化熱処理を行なうことを特徴とする請求項16又は17に記載の発光素子の製造方法。

【請求項19】 S i 基板よりなる前記素子基板の前記貼り合わせ側主表面にA g S b 接合層を形成し、該A g S b 接合層を覆うように前記第二A g系金属層を形成し、かつ、前記A g S b 接合層と前記S i 基板との合金化熱処理を行なうことを特徴とする請求項16ないし18のいずれか1項に記載の発光素子の製造方法。

【請求項20】 前記第一A g系金属層と第二A g系金属層とをいずれもA g含有率が95質量%以上のものとし、前記拡散熱処理を100℃以上840℃未満にて行なうことを特徴とする請求項18又は19に記載の発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

【特許文献1】

特開平7-66455号公報

【特許文献2】

特開 2001-339100 号公報

【0003】

発光ダイオードや半導体レーザー等の発光素子に使用される材料及び素子構造は、長年にわたる進歩の結果、素子内部における光電変換効率が理論上の限界に次第に近づきつつある。従って、一層高輝度の素子を得ようとした場合、素子からの光取出し効率が極めて重要となる。例えば、AlGaInP 混晶により発光層部が形成された発光素子は、薄い AlGaInP（あるいは GaInP）活性層を、それよりもバンドギャップの大きい n 型 AlGaInP クラッド層と p 型 AlGaInP クラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、高輝度の素子を実現できる。このような AlGaInP ダブルヘテロ構造は、AlGaInP 混晶が GaAs と格子整合することを利用して、GaAs 単結晶基板上に AlGaInP 混晶からなる各層をエピタキシャル成長させることにより形成できる。そして、これを発光素子として利用する際には、通常、GaAs 単結晶基板をそのまま素子基板として利用することも多い。しかしながら、発光層部を構成する AlGaInP 混晶は GaAs よりもバンドギャップが大きいため、発光した光が GaAs 基板に吸収されて十分な光取出し効率が得られにくい難点がある。この問題を解決するために、半導体多層膜からなる反射層を基板と発光素子との間に挿入する方法（例えば特許文献 1）も提案されているが、積層された半導体層の屈折率の違いを利用するため、限られた角度で入射した光しか反射されず、光取出し効率の大幅な向上は原理的に期待できない。

【0004】

そこで、特許文献 2 をはじめとする種々の公報には、成長用の GaAs 基板を剥離する一方、補強用の導電性基板を、反射層を兼ねた Au 層を介して剥離面に貼り合わせる技術が開示されている。この Au 層は反射率が高く、また、反射率の入射角依存性が小さい利点がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、本発明者らが検討したところによると、反射層として Au 層を

用いると、発光層部の波長によっては十分な反射効果が得られず、光取出し効率が思ったほど顕著に向上しないことがわかった。

【0006】

本発明の課題は、反射金属層を用いた発光素子において、光取出効率が高く、しかも波長依存性が小さい発光素子を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】

上記の課題を解決するために、本発明の発光素子は、発光層部を有した化合物半導体層の一方の主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の他方の主表面側に素子基板が結合されるとともに、該素子基板と化合物半導体層との間に、全体がAgを主成分に構成され、前記発光層部からの光を前記光取出面側に反射させるAg系反射金属層を含むAg系金属層を介在させたことを特徴とする。なお、本明細書において「主成分」とは、最も質量含有率の高い成分のことをいう。

【0008】

Ag系反射金属層はAu系金属よりなる反射金属層と比べて圧倒的に安価であり、しかも可視光の略全波長域（360nm以上700nm）に渡って良好な反射率を示すので、反射率の波長依存性が小さい。その結果、素子の発光波長によらず高い光取出効率を実現できる。またAlのような金属と比較すれば、酸化皮膜等の形成による反射率低下も生じにくい。そして、本発明においては、金属層の全体がAg系金属にて構成されるので、Auなどの高価な貴金属を介在させる必要がなくなり、素子全体を安価に構成できる。

【0009】

図4は、鏡面研磨した種々の金属表面における反射率を示すものであり、プロット点「■」はAgの反射率を、プロット点「△」はAuの反射率を、プロット点「◆」はAlの反射率（比較例）である。また、プロット点「×」はAgPdCu合金である。Agの反射率は、350nm以上700nm以下（また、それより長波長側の赤外域）、特に、380nm以上700nm以下にて、可視光の反射率が特に良好である。

【0010】

他方、Auは有色金属であり、図4に示す反射率からも明らかなように、波長670nm以下の可視光域に強い吸収があり（特に650nm以下：600nm以下ではさらに吸収が大きい）、発光層部のピーク発光波長が670nm以下に存在する場合に反射率低下が著しくなる。その結果、発光強度が低下しやすいほか、取り出される光のスペクトルが、吸収により本来の発光スペクトルとは異なるものとなり、発光色調の変化も招きやすくなる。しかしながら、本発明にて採用するAgは、波長670nm以下の可視光域においても反射率は極めて良好である。すなわち、発光層部のピーク発光波長が670nm以下（特に650nm以下、さらには600nm以下）である場合、本発明の採用により、Auよりもはるかに高い光取出し効率を実現できる。

【0011】

他方、図4に示すように、Alの反射率においても吸収ピークは生じないが、酸化皮膜形成による反射率低下があるため、可視光域での反射率は多少低い値（例えば85～92%）に留まっている。しかし、本発明にて採用するAgは酸化皮膜が形成されにくいため、Alよりも高い反射率を可視光域に確保できる。具体的には、波長400nm以上（特に450nm以上）においてAlよりも良好な反射率を示していることがわかる。

【0012】

なお、図4のAlの反射率は、機械研磨と化学研磨とにより、表面酸化皮膜の形成を抑制した状態で鏡面化したAl表面について測定したものであり、実際には酸化皮膜が厚く形成されることにより、図4に示すデータよりもさらに反射率が低下する可能性がある。Agの場合、図4においては、350nm以上400nm以下の短波長域ではAlより反射率が劣っているが、酸化皮膜がAlよりはるかに形成されにくい。従って、実際に発光素子上に反射金属層として形成した場合は、Ag系反射金属層の採用により、この波長域においてもAlを上回る反射率を達成することが可能である。また、この波長域でも、Agの反射率はAuと比較すれば高い。

【0013】

以上を総合すれば、Ag系反射金属層は、350nm以上670nm以下（望

ましくは400nm以上670nm以下、さらに望ましくは450nm以上600nm以下)の波長域にピーク発光波長を有する発光層部の場合、光取出効率の改善効果がAlやAuに勝って特に顕著になるといえる。上記のようなピーク発光波長を有する発光層部は、例えば $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)又は $In_xGa_yAl_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x+y \leq 1$)により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成することができる。

【0014】

本発明の発光素子は、Ag系反射金属層と化合物半導体層との間に、Agを主成分とする発光層部側Ag系接合層を、Ag系反射金属層の主表面上に分散する形で配置することができる。Ag系反射金属層は、発光層部への通電経路の一部をなす。しかし、Ag系反射金属層を化合物半導体よりなる発光層部に直接接合すると、接触抵抗が高くなり、直列抵抗が増加して発光効率が低下する場合がある。Ag系反射金属層の場合、発光層部側の接合層は、従来のようなAu系のものではなくAg系のものが使用可能であり、Ag系反射金属層を、Ag系接合層を介して発光層部に接合することにより接触抵抗の低減を図ることができ、しかもAu系接合層を用いる場合と比較して接合層形成のコストも安価である。ただし、Ag系接合層は、コンタクト確保のために必要な合金成分を比較的多量に配合する必要がある、反射率が若干劣る。そこで、発光層部側Ag系接合層をAg系反射金属層の主表面上に分散形成しておけば、発光層部側Ag系接合層の非形成領域ではAg系反射金属層による高い反射率を確保できる。発光層部側Ag系接合層は、具体的にはAgGeNi接合層とすることができ、特に、化合物半導体層がn型のIII-V族化合物半導体(前述の $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)や $In_xGa_yAl_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x+y \leq 1$))にて構成されるとき、接触抵抗の低減効果が高い。AgGeNi接合層の好ましい組成は、例えばGe:1質量%以上20質量%以下、Ni:1質量%以上20質量%以下、残部Agであり、この範囲内の組成では、接触抵抗低減効果が十分に得られる。

【0015】

なお、光取出効果を十分に高めるために、A g 系反射金属層に対する発光層部側 A g 系接合層の形成面積率（A g 系反射金属層の全面積にて発光層部側 A g 系接合層の形成面積を除いた値である）は 1 % 以上 25 % 以下とすることが望ましい。発光層部側 A g 系接合層の形成面積率が 1 % 未満では接触抵抗の低減効果が十分でなくなり、25 % を超えると反射強度が低下することにつながる。

【0016】

A g 系反射金属層は、発光層部側 A g 系接合層よりも A g 含有率を高く設定しておくことで、発光層部側 A g 系接合層の非形成領域において、A g 系反射金属層の反射率を一層高めることができる。また、後述の本発明の製造方法における第一 A g 系金属層と第二 A g 系金属層との貼り合わせをより低温で行なうことができ、ひいては製造の簡略化とコスト低減を図ることができる。具体的には、A g 系反射金属層をなす第一 A g 系金属層と第二 A g 系金属層とをいずれも A g 含有率が 95 質量% 以上のものとしておくことで、第一 A g 系金属層と第二 A g 系金属層とを貼り合わせるための拡散熱処理の設定範囲の下限を 100℃ 前後にまで低温化することが可能となる。この場合、拡散熱処理は、100℃ 以上の適当な温度に定められることになる。A g 系反射金属層（ひいては、第一 A g 系金属層と第二 A g 系金属層）の材質として、より具体的には純 A g（ただし、1 質量% 以内であれば不可避不純物を含有してもよい）を採用することにより、上記の効果は一層高められる。一方、A g 系反射金属層は、P d を含有した A g 合金により構成することもできる。P d を含有した A g 合金は、耐硫化性及び耐酸化性が良好であり、硫化ないし酸化に由来した反射率劣化の防止に効果がある。

【0017】

素子基板は導電性基板とすることにより、基板自体を、発光素子を駆動するための導通路の一部として利用でき、素子構造の簡略化を図ることができる。導電性基板としては A l や C u ないしそれらの合金よりなる金属基板を使用することもできるが、導電性の半導体基板を使用することもでき、特に安価な S i 基板（多結晶基板又は単結晶基板：前者は特に安価である）を用いるとより有利である。

【0018】

導電性の半導体基板を素子基板として用いる場合、素子基板と Ag 系反射金属層との間には、Ag を主成分とする基板側 Ag 系接合層を形成することができる。これにより、基板と Ag 系反射金属層との間の接合抵抗を下げることができ、かつ、Au 系の接合層が不要であるため安価に構成できる。基板側 Ag 系接合層は、具体的には Ag Sb 接合層または Ag Sn 接合層とすることができ、特に、素子基板が Si 基板（特に n 型）であるとき、接触抵抗の低減効果が高い。Ag Sb 接合層の具体的な組成は、例えば Sb : 0.1 質量%以上 20 質量%以下、残部 Ag であることが好ましい。

【0019】

Ag Sb 接合層が Si 基板に対し接合層として有効であることを示す実験結果を、以下に説明する。Si 基板として、Sb をドーピングした n 型単結晶基板を用い、その主表面に、Ag-1 質量% Sb 合金よりなる厚さ $354\ \mu\text{m}$ の電極を真空蒸着により形成し、 880°C にて 3 分合金化熱処理した。この試料を用いてホール測定により I-V 特性を評価した（測定電流：19.9 mA）。結果を図 3 に示す。これによると、直線が非常に良好な I-V 特性が得られており、電極のシート抵抗も $0.35\ \Omega/\square$ と低く、オーム性電極が得られていることがわかる。

【0020】

また、素子基板として、例えば Sb をドーピングしたシート抵抗 $0.01\ \Omega/\square$ 未満の Si 基板を用いることもできる。このような Si 基板を用いると、基板側 Ag 系接合層を形成しなくとも、ひいては Ag 系反射金属層と Si 基板との合金化熱処理を行わなくとも、オーミック接触を達成できる。

【0021】

なお、本発明において金属層の具体的な形成方法としては、真空蒸着やスパッタリングなどの気相成膜法のほか、無電解メッキあるいは電解メッキなどの電気化学的な成膜法を採用することもできる。

【0022】

また、本発明の発光素子の製造方法は、上記本発明の発光素子を製造するために、発光層部を有した化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面と

、素子基板の、発光層部側に位置することが予定された主表面との少なくともいずれかに Ag を主成分とした Ag 系金属層を形成し、

該 Ag 系金属層を介して素子基板と化合物半導体層との重ね合わせ体を作り、その状態で該重ね合わせ体を熱処理することにより、素子基板と化合物半導体層とを Ag 系金属層を介して結合することを特徴とする。これにより、本発明の発光素子を容易に製造することができる。

【0023】

この場合、発光層部を有した化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に Ag を主成分とした第一 Ag 系金属層を形成し、

素子基板の、発光層部側に位置することが予定された主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に Ag を主成分とした第二 Ag 系金属層を形成し、

それら第一 Ag 系金属層と第二 Ag 系金属層とを密着させて拡散熱処理することにより貼り合わせ、Ag 系反射金属層となすことを特徴とする。

【0024】

この方法によると、化合物半導体層側と素子基板側に Ag 系金属層を振り分けて形成し、これらを相互に密着させて拡散熱処理することにより貼り合わせ、一体化して Ag 系反射金属層とする。Ag 系金属層同士は比較的低温で一体化が可能である。従って、本発明の発光素子を容易にかつ高品質にて製造することができる。前述の通り、第一 Ag 系金属層と第二 Ag 系金属層とをいずれも Ag 含有率が 95 質量%以上のものとしておくことで、第一 Ag 系金属層と第二 Ag 系金属層とを貼り合わせるための拡散熱処理の設定範囲の下限を 100℃前後にまで低温化することが可能となる。この場合、拡散熱処理は、100℃以上の適当な温度に定めることができる。Ag 系反射金属層（ひいては、第一 Ag 系金属層と第二 Ag 系金属層）の材質として、より具体的には純 Ag（ただし、1 質量%以内であれば不可避不純物を含有してもよい）を採用することにより、上記の効果は一層高められる。

【0025】

化合物半導体層を $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) にて形成する場合、該化合物半導体層の貼り合わせ側主表面に $AgGeNi$ 接合層を形成し、該 $AgGeNi$ 接合層を覆うように第一 Ag 系金属層を形成することができる。この場合、 $AgGeNi$ 接合層と化合物半導体層との合金化熱処理を $350^\circ C$ 以上 $550^\circ C$ 以下にて行なうことにより、接触抵抗の低減効果が高められる。

【0026】

また、 Si 基板よりなる素子基板の貼り合わせ側主表面に $AgSb$ 接合層を形成し、該 $AgSb$ 接合層を覆うように第二 Ag 系金属層を形成することができる。この場合、 $AgSb$ 接合層と Si 基板との合金化熱処理を例えば $800^\circ C$ 以上 $950^\circ C$ 以下にて行なうことにより、接触抵抗の低減効果が高められる。

【0027】

第一 Ag 系金属層と第二 Ag 系金属層とが、いずれも Ag 含有率が 95 質量% 以上のものであれば、拡散熱処理は $100^\circ C$ 以上 $840^\circ C$ 未満の広い範囲にて設定が可能となる。ただし、 $100^\circ C$ 未満では貼り合わせ強度が不十分となる。他方、 $840^\circ C$ 以上になると Si 基板と Ag との共晶反応が進んで、 Ag 系反射金属層の反射率が大幅に損なわれることにつながる。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付の図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態である発光素子 100 を示す概念図である。発光素子 100 は、素子基板をなす導電性基板である n 型 Si (シリコン) 単結晶よりなる Si 基板 7 の一方の主表面上に、 Ag 系反射金属層 10 を介して発光層部 24 が貼り合わされた構造を有してなる。

【0029】

発光層部 24 は、ノンドープ $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 0.55$, $0.45 \leq y \leq 0.55$) 混晶からなる活性層 5 を、第一導電型クラッド層、本実施形態では p 型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ (ただし $x < z \leq 1$) からなる p 型クラッド層 6 と、前記第一導電型クラッド層とは

異なる第二導電型クラッド層、本実施形態ではn型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ (ただし $x < z \leq 1$) からなるn型クラッド層4とにより挟んだ構造を有し、活性層5の組成に応じて、発光波長を、緑色から赤色領域(発光波長(ピーク発光波長)が550nm以上670nm以下)にて調整できる。図1の発光素子100では、金属電極9側にp型 $AlGaInP$ クラッド層6が配置されており、Ag系反射金属層10側にn型 $AlGaInP$ クラッド層4が配置されている。従って、通電極性は金属電極9側が正である。なお、ここでいう「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行わない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有(例えば $10^{13} \sim 10^{16} / cm^3$ 程度を上限とする)をも排除するものではない。

【0030】

また、発光層部24の基板7に面しているのと反対側の主表面上には、 $AlGaAs$ よりなる電流拡散層20が形成され、その主表面の略中央に、発光層部24に発光駆動電圧を印加するための金属電極(例えばAu電極)9が、該主表面の一部を覆うように形成されている。電流拡散層20の主表面における、金属電極9の周囲の領域は、発光層部24からの光取出領域をなす。また、Si単結晶基板7の裏面にはその全体を覆うように金属電極(裏面電極:例えばAu電極である)15が形成されている。金属電極15がAu電極である場合、金属電極15とSi単結晶基板7との間にはAuSb接合層16が介挿される。なお、AuSb接合層16に代えてAuSn接合層を用いてもよい。

【0031】

Si単結晶基板7は、Si単結晶インゴットをスライス・研磨して製造されたものであり、その厚みは例えば $100 \mu m$ 以上 $500 \mu m$ 以下である。そして、発光層部24に対し、Ag系反射金属層10を挟んで貼り合わされている。また、Si単結晶基板7とAg系反射金属層10との間には、基板側Ag系接合層としてAgSb層31(例えばSb:5質量%)が介挿されている。なお、AgSb接合層31に代えてAgSn接合層を用いてもよい。

【0032】

Ag系反射金属層10は、発光層部24(化合物半導体層)と接する第一Ag

系金属層 10a と、Si 基板 7 と接する第二 Ag 系金属層 10b とが拡散熱処理により貼り合わされたものである。発光層部 24 と Ag 系反射金属層 10 との間には、発光層部側 Ag 系接合層として AgGeNi 接合層 32（例えば Ge: 15 質量%、Ni: 10 質量%）が形成されており、素子の直列抵抗低減に貢献している。AgGeNi 接合層 32 は、Ag 系反射金属層 10 の主表面上に分散形成され、その形成面積率は 1% 以上 25% 以下である。そして、Ag 系反射金属層 10 と前述の AgSb 接合層 31 及び AgGeNi 接合層 32 が Ag 系金属層を構成し、これが発光層部 24 と Si 基板 7 とのいずれとも接する形で配置されている。なお、本実施形態において Ag 系反射金属層 10 は、純 Ag もしくは Ag 含有率が 95 質量% 以上の Ag 合金よりなる。

【0033】

発光層部 24 からの光は、光取出面側に直接放射される光に、Ag 系反射金属層 10 による反射光が重畳される形で取り出される。Au 系反射金属層を用いた従来の発光素子は、AlGaInP を用いた発光層部の場合、発光波長が 550 nm 以上 670 nm 以下のとき、Au 系反射金属層による吸収が大きくなり、反射率が低下しやすい欠点がある。しかしながら、本実施形態の発光素子 100 のように Ag 系反射金属層 10 を用いると、上記のような発光波長の発光層部 24 を形成した場合も反射率が低下せず、素子の光取出し効率を著しく高めることができる。

【0034】

なお、Ag 系反射金属層 10 の厚さは、反射効果を十分に確保するため、80 nm 以上とすることが望ましい。また、厚さの上限には制限は特にないが、反射効果が飽和するため、コストとの兼ね合いにより適当に定める（例えば 1 μ m 程度）。

【0035】

以下、図 1 の発光素子 100 の製造方法について説明する。

まず、図 2 の工程 1 に示すように、発光層成長用基板をなす半導体単結晶基板である GaAs 単結晶基板 1 の主表面に、p 型 GaAs バッファ層 2 を例えば 0.5 μ m、AlAs からなる剥離層 3 を例えば 0.5 μ m、さらに p 型 AlGa

As よりなる電流拡散層 20 を例えば $5\mu\text{m}$ 、この順序にてエピタキシャル成長させる。また、その後、発光層部 24 として、 $1\mu\text{m}$ の p 型 AlGaInP クラッド層 6、 $0.6\mu\text{m}$ の AlGaInP 活性層 (ノンドープ) 5、及び $1\mu\text{m}$ の n 型 AlGaInP クラッド層 4 を、この順序にエピタキシャル成長させる。

【0036】

次に、工程 2 に示すように、発光層部 24 の主表面に、AgGeNi 接合層 32 を分散形成する。AgGeNi 接合層 32 を形成後、次に、 350°C 以上 550°C 以下の温度域で合金化熱処理を行ない、その後、AgGeNi 接合層 32 を覆うように第一 Ag 系金属層 10a を形成する。発光層部 24 と AgGeNi 接合層 32 との間には、上記合金化熱処理により合金化層が形成され、直列抵抗が大幅に低減される。他方、工程 3 に示すように、別途用意した Si 単結晶基板 7 (n 型) の両方の主表面に基板側接合層となる AgSb 接合層 31、16 (前述の通り AgSn 接合層でもよい) を形成し、 800°C 以上 950°C 以下の温度域で合金化熱処理を行なう。そして、AgSb 接合層 31 上には第二 Ag 系金属層 10b を、AgSb 接合層 16 上には裏面電極層 15 (例えば Au 系金属よりなるもの) をそれぞれ形成する。以上の工程で各金属層は、スパッタリングあるいは真空蒸着等を用いて行なうことができる。

【0037】

そして、工程 4 に示すように、Si 単結晶基板 7 の第二 Ag 系金属層 10b を、発光層部 24 上に形成された第一 Ag 系金属層 10a に重ね合わせて圧迫して、 100°C 以上 840°C 未満、例えば 120°C にて拡散熱処理することにより、基板貼り合わせ体 50 を作る。Si 単結晶基板 7 は、第一 Ag 系金属層 10a 及び第二 Ag 系金属層 10b を介して発光層部 24 に貼り合わせられる。また、第一 Ag 系金属層 10a と第二 Ag 系金属層 10b とは一体化し、Ag 系反射金属層 10 となる。

【0038】

次に、工程 5 に進み、上記基板貼り合わせ体 50 を、例えば 10% フッ酸水溶液からなるエッチング液に浸漬し、バッファ層 2 と発光層部 24 との間に形成した AlAs 剥離層 3 を選択エッチングすることにより、GaAs 単結晶基板 1 (

発光層部 24 からの光に対して不透明である) を、発光層部 24 とこれに接合された Si 単結晶基板 7 との積層体 50a から剥離する。なお、AlAs 剥離層 3 に代えて AlInP よりなるエッチストップ層を形成しておき、GaAs に対して選択エッチング性を有する第一エッチング液 (例えばアンモニア/過酸化水素混合液) を用いて GaAs 単結晶基板 1 を GaAs バッファ層 2 とともにエッチング除去し、次いで AlInP に対して選択エッチング性を有する第二エッチング液 (例えば塩酸: Al 酸化層除去用にフッ酸を添加してもよい) を用いてエッチストップ層をエッチング除去する工程を採用することもできる。このように、発光層成長用基板を全てエッチングにより除去することも、「剥離」の概念に属するものとする。

【0039】

そして、工程 6 に示すように、GaAs 単結晶基板 1 の剥離により露出した電流拡散層 20 の主表面の一部を覆うように、ワイヤボンディング用の電極 9 (ボンディングパッド: 図 1) を形成する。以下、通常の方法によりダイシングして半導体チップとし、これを支持体に固着してリード線のワイヤボンディング等を行なった後、樹脂封止をすることにより最終的な発光素子が得られる。

【0040】

なお、以上の実施形態では、発光層部 24 の各層を AlGaInP 混晶にて形成していたが、該各層 (p 型クラッド層 6、活性層 5 及び n 型クラッド層 4) を AlGaInN 混晶により形成することもできる。発光層部 24 を成長させるための発光層成長用基板は、GaAs 単結晶基板に代えて、例えばサファイア基板 (絶縁体) や SiC 単結晶基板が使用される。この場合、発光波長が 400 nm 以上 600 nm 以下のとき、Ag 系反射金属層 10 を採用することによる反射率向上効果が大きい。また、発光層部 24 の各層は、上記実施形態では、基板側から n 型クラッド層 4、活性層 5 及び p 型クラッド層 6 の順になっていたが、これを反転させ、基板側から p 型クラッド、活性層及び n 型クラッド層の順に形成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の発光素子の一実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図 2】

本発明の発光素子の製造工程の一例を示す説明図。

【図 3】

A g S b 電極と S i 基板とがオーミック接合を形成することを確認した実験結果を示す I - V 特性グラフ。

【図 4】

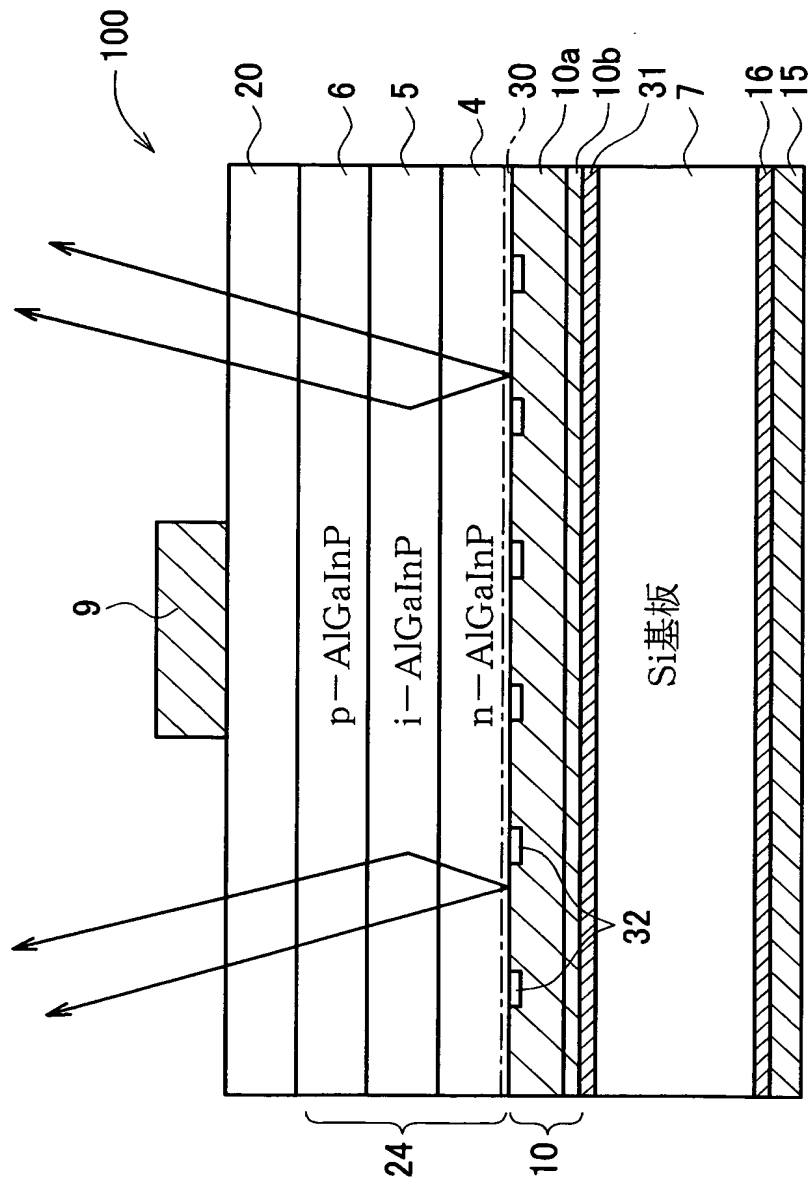
種々の金属における反射率を示す図。

【符号の説明】

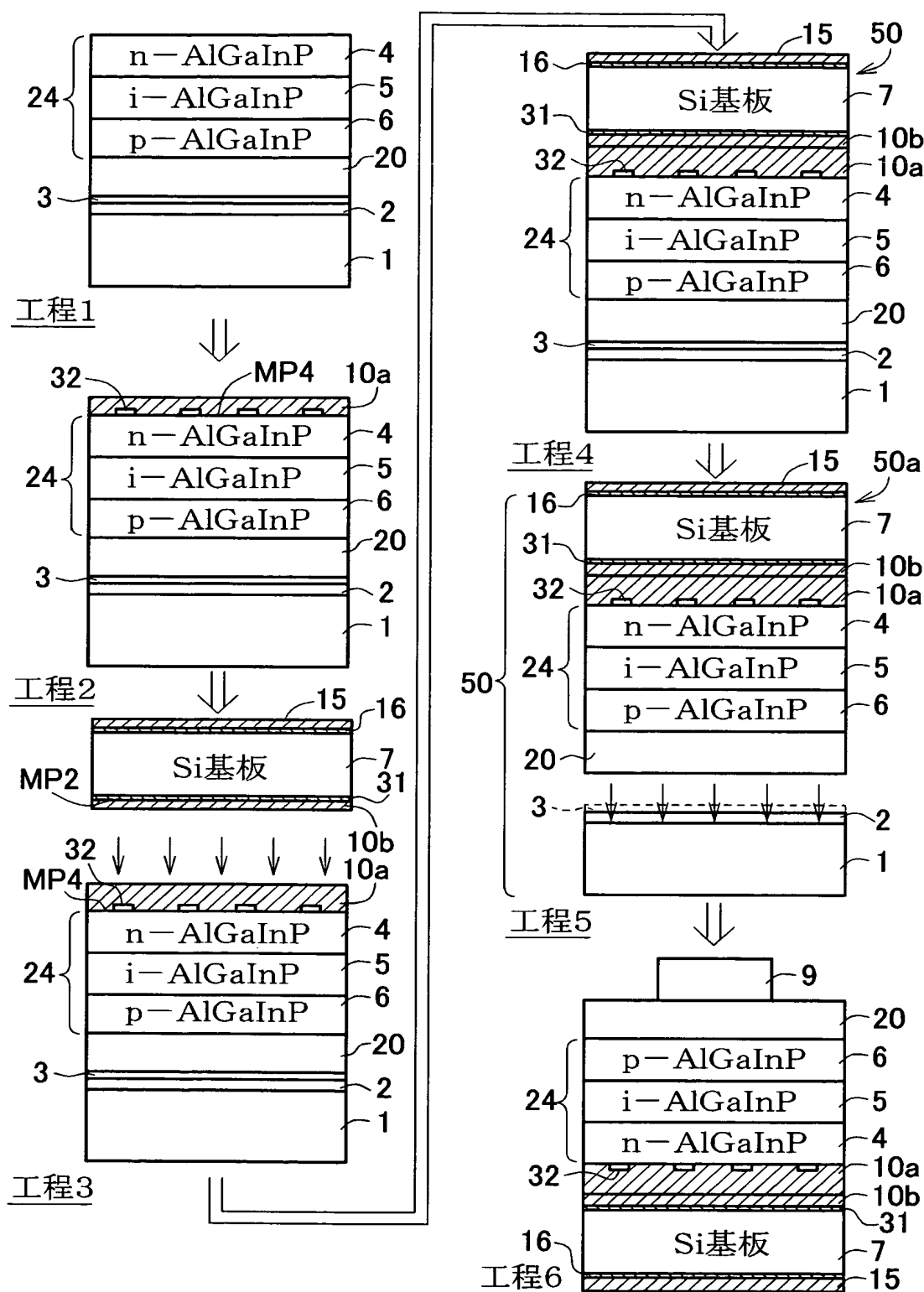
- 1 G a A s 単結晶基板（発光層成長用基板）
- 4 n 型クラッド層（第二導電型クラッド層）
- 5 活性層
- 6 p 型クラッド層（第一導電型クラッド層）
- 7 S i 単結晶基板（素子基板）
- 9 金属電極
- 10 A g 系反射金属層
- 10 a 第一 A g 系金属層
- 10 b 第二 A g 系金属層
- 24 発光層部
- 100 発光素子

【書類名】 図面

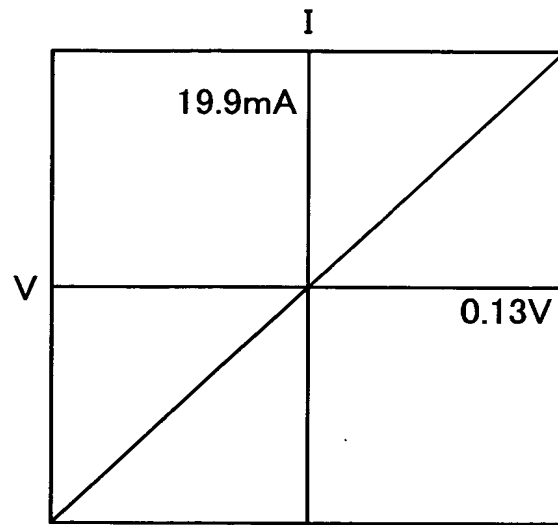
【図 1】



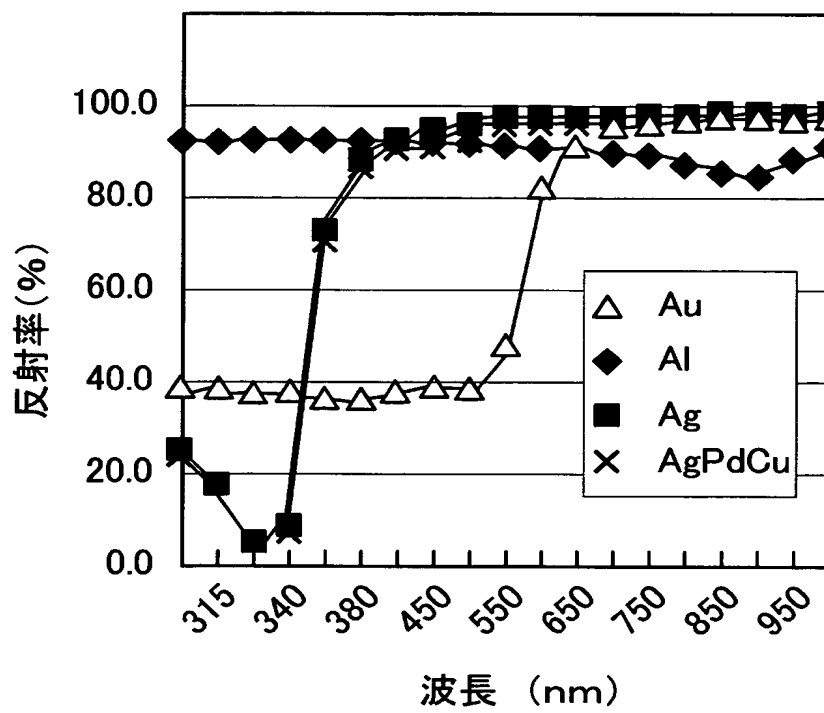
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 反射金属層を用いた発光素子において、光取出効率が高く、しかも、波長依存性が小さい発光素子を提供する。

【解決手段】 化合物半導体よりなる発光層部 2 4 の一方の主表面を光取出面とし、該発光層部 2 4 の他方の主表面側に素子基板 7 が結合される。また、素子基板 7 と発光層部 2 4 との間には、全体が A g を主成分に構成され、該発光層部からの光を前記光取出面側に反射させる A g 系反射金属層 1 0 を含む A g 系金属層が配置される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 7 5 2 1 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 9 0 1 4 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番 2 号

氏 名

信越半導体株式会社